



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ
2019-2020 Güz Dönemi

Lisans Bitirme Projesi Sonuç Raporu

AC Motorlar için IGBT Tabanlı Yumuşak Kalkış
IGBT Based Soft Start for AC Motor

Bayram OĞUZ
05140000577
baran.oguz.nm@gmail.com
0538 481 7823

Proje Danışmanı:
Dr. Öğr. Üyesi Özkan AKIN

Bornova, İzmir, Ocak 2020

Lisans Bitirme Projesi Bilgi Formu

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| E.Ü. ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ LİSANS BİTİRME PROJESİ BİLGİ FORMU | |
| 1- Projenin Yapıldığı Dönem:2019-2020 GÜZ | 2- Rapor Tarihi: 29.01.2020 |
| 4- Projenin Adı: AC Motorlar için IGBT Tabanlı Yumuşak Kalkış Projenin Toplam Maliyeti: 97 TL | |
| 5- Proje Yürütücüsü Öğrenciler ve iletişim bilgileri (adres, e-posta, tel.) Bayram OĞUZ Mevlana Mahallesi 1744. Sokak No:1 KYK Yurdu Bornova/İZMİR baran.oguz.nm@gmail.com 05384817823 | |
| 6- Projenin Yürütüldüğü Kuruluş: Ege Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü | |
| 7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı, Adresi ve Destek Miktarı: Yok. | |
| 8- Asenkron motorların başlangıç akımını düşürmeye yönelik bir çalışmadır. IGBT kullanılarak yüksek frekansta anahtarlama ile akımın efektif değer kontrolü sağlanmıştır.Yüksek frekansta anahtarlama ile düşük harmonikli akım sonuçları elde edilmiştir. R ve R-L yük için simülasyon ile uyumlu sonuçları alınmıştır. Anahtar Kelimeler: Asenkron motor, IGBT, Yumuşak Kalkış, THD | |
| 9- Danışmanının Öğretim Üyesi Adı/Soyadı ve Görüşü: Dr.Öğr.Üyesi Özkan AKIN | |
| 10- Bölüm Kurulu Görüşü: | |
| 11- Projenin Başarı Durumu: | Projenin Aldığı Not: |

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması asenkron motorlar için yumuşak başlangıçlara bir alternatif sunmaktadır. Geleneksel yumuşak başlangıç yöntemleri tristör tabanlı ya da motor sürücülere kıyasla pozitif ve negatif yanları olmakla birlikte elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında istenilen yararlı sonuçlar elde edilmiştir. Yöntem basitliği ve maliyetin düşük olması hedefleri doğrultusunda işlevsellik açısından olumlu sonuçlar gözlemlenmiştir. Proje geliştirilmeye açıktır. Projenin gelişme olanakları bu kitapçıkta ayrıca belirtilmiştir.

TEŞEKKÜR

Tüm eğitim-öğrenim hayatım boyunca beni destekleyen aileme, bilgisi, fikirleri ve yönlendirmeleriyle destek olan tez hocam Özkan Akın'a teşekkür ederim.

AC Motor için IGBT Tabanlı Yumuşak Kalkış

IGBT Based Soft Start for AC Motor

Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bornova/İZMİR-35040

Bayram OĞUZ

baran.oguz.nm@gmail.com

I.ÖZ

Endüstride geniş bir kullanım alanına sahip olan asenkron motorlarının kullanım amacına göre motor sürücü anlamındaki farklı topolojiler hala çok rağbet gören bir çalışma alanıdır. Asenkron motorların başlangıçta nominalin 8 katına kadar akım çekmesi bazı uygulamalarda mekanizma sorunlarına hatta motorun kendisine zarar verebilmektedir. Bu sorunun üstesinden gelmek için başlangıç akımını kontrol etmek amaçlı IGBT tabanlı bir topoloji ile giriş geriliminin etkin değeri kontrolü ile kontrol sağlanmıştır. Bu çalışma yürüten merdivenlerde, pompalamalarda, fanlar ve üfleyicilerde, kompresörlerde, kırıcılarda, asansörlerde, santrifüjlerde ve daha bir çok yerde yaygın olarak kullanılan bir fazlı asenkron motorların başlangıç akımını düşürmeye yönelik bir çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: Asenkron motor, IGBT, Yumuşak Kalkış, THD

ABSTRACT

According to the purpose of using asynchronous motors, which have a wide range of applications in the industry, different topologies in terms of motor drive are still a very popular field of study. Asynchronous motors pull current up to 8 times the nominal value in the beginning, in some applications, it can damage mechanism problems and even the motor itself. To overcome this problem, an IGBT-based topology was controlled with effective value control of the input voltage to

control the starting current. This study is a study to reduce the starting current of one phase asynchronous motors commonly used in escalators, pumping, fans and blowers, compressors, breakers, elevators, centrifuges and many more.

II. GİRİŞ VE LİTERATÜR ÖZETİ

Bu çalışmada 2 IGBT ve 8 diyot konfigürasyonu ile motorda akım sürekliliği sağlanmak üzere IGBT'lerin açık ve kapalı olma görev oranı kontrol edilerek, gerilim dolayısıyla akım kontrolü sağlanması amaçlanmıştır.

Elektrik enerji şekillerini birbirine dönüştüren elektronik devrelere dönüştürücü denir . Dört temel dönüştürücü devresi vardır. Bunlar; AC-DC dönüştürücü, AC-AC dönüştürücü, DC-DC dönüştürücü ve DC-AC dönüştürücüdür. Bu devre yapıları, alternatif akım veya doğru akım türündeki elektrik enerjisinin birbirlerine veya kendi içlerinde farklı şekillere ve seviyelere dönüştürülmesi işlemini gerçekleştirmektedir.[1]

Motor yumuşak kalkışı için kullanılan yöntemlerden bir tanesi AC-AC kıyıcı kullanmaktır. AC-AC dönüştürücüler, sabit genlikli ve sabit frekanslı bir alternatif giriş geriliminden istenilen frekans ve genlikte bir çıkış dalga şekli elde edilmesini sağlar. Frekansı sabit tutularak genliğini değiştiren dönüştürücü devresine ise AC kıyıcı denir. AC kıyıcıda, AC gerilimin her iki yarım periyodu belli açılarda kesilerek çıkış geriliminin efektif

değeri değiştirilir, böylece istenilen değerde AC gerilim elde edilmiş olur. Kıyıcı devreleri tek veya üç fazlı olarak gerçekleştirilebilir. Endüstride yaygın olarak endüksiyon ısıtma, ışık dimmerinde, motor hız kontrolünde ve motorlara yol vermede yaygın olarak kullanılmaktadır [2][3].

Piyasada kullanılan asenkron motorlar için bir çok yumuşak kalkış yöntemi kullanılmaktadır. Başlangıç akımını sınırlamak için motor başlangıç yöntemlerinden biri olarak tek fazlı endüksiyon motorunun beslediği voltaj büyüklüğünü azaltmak için bir oto-transformatörler kullanılabilir. Ancak bu yöntem beraberinde maliyet ve hacim sorunlarını getirmektedir[4]. Başka bir yöntem ise DC-link kullanılarak PWM ile başlangıç akımı düşürmektir. Bu da yine aynı şekilde maliyet ve hacim sorunları oluşturmaktadır. Yumuşak kalkış için ideal bir yöntem olan alternatif akım kıyıcıları sabit frekanslı ve sabit genlikli şebeke geriliminden sabit veya değişken frekanslı ve genlikli bir gerilime ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılırlar.[5] Frekans sabit tutularak sadece gerilimi başlangıç için kontrol ederek bir yumuşak kalkış sağlanabilir.

Tristör tabanlı yumuşak yolvericiler ekonomik, basit ve güvenilirdir. Başlangıç torku gereksiniminin düşük olduğu orta gerilim büyük endüksiyon motorlarında ekonomik olarak kullanılabilirler. Tristörler başlangıçta yumuşak başlatıldığında büyük bir ateşleme açısında (düşük voltaj) tetiklenir, ardından ateşleme açısında azalma ve ardından motora uygulanan voltajda artış olur. Asenkron bir motorun durduğu andaki başlangıç torku, uygulanan voltajın karesiyle orantılıdır. Dolayısıyla bu kesinlikle endüksiyon motorunun yük üzerinde çalışmasını etkiler.[6] Triyak, besleme geriliminin bazı kısımlarının ana şebekeye uygulanmasına izin vermek için istenen bir faz açısında açılır.[7]

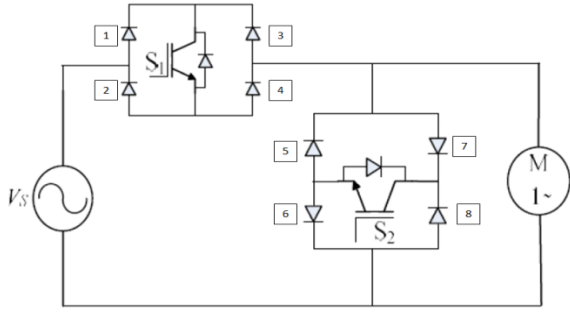
Bir AA kıyıcı devresi çift yönlü akım geçirebilen anahtarlar gerektirmektedir.

Akımın yön değiştirmesi yani komütasyon olayı gerilim yükselmelerine sebep olmaktadır. Ayrıca faz kontrollü yumuşak kalkışlar sinüs girişinin şekline büyük oranda bozmaktadır. Bu da yüksek harmonik oranı demektir. Hem kıyıcı hem de yüksek frekanslı anahtarlama kullanıldığı zaman bu harmonikler azaltılabilir.

Darbe genişlik modülasyonlu (PWM) AC kıyıcıların yüksek anahtarlama frekanslarında çalıştırılması, küçük boyutlu filtrelerin bunları kolayca ortadan kaldıracak şekilde daha yüksek frekanslarda ortaya çıkan harmoniklerle sonuçlanacaktır.[8] Motor gerilimi, iki yönlü SW1 ve SW2'yi açmak ve kapatmak için PWM sinyallerinin görev döngüsünün her iki anahtarın da dönüşümlü olarak çalışacağı şekilde kontrol edilerek değiştirilebilir.[9] Darbe genişlik modülasyonlu AA kıyıcıların performanslarını artırmak için kullanılan bir yöntemdir. Darbe genişlik modülasyonu, üretilen darbelerin, genişliklerini kontrol ederek, çıkışta üretilmek istenen analog elektriksel değerin veya sinyalin elde edilmesi tekniğidir.[10]

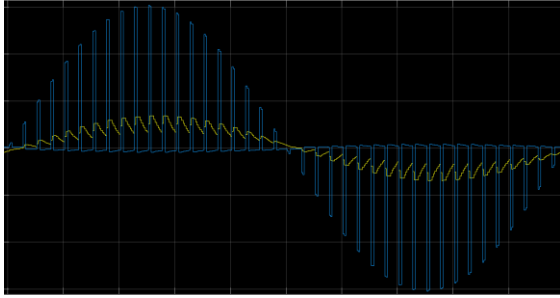
III.SİSTEMİN TANITIMI VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Bu projede ana hedef belirtildiği üzere düşük maliyette ve düşük hacimde motor başlangıç akımını düşürmek için bir yöntem sunmak ve gerçekleştirmektir. Bu anlamda bu amaçlara uygun olarak en makul yöntemin, kapasitör, DC link olmadan fazlardan anahtarlama elemanı kullanımından tasarruf sağlayan AC-AC kıyıcı ile gerçekleştirilebileceği görülmektedir. Ancak kıyma işlemi geleneksel tristör bazlı modelde olduğu gibi düşük frekansta anahtarlama ile değil IGBT ile yüksek frekansta anahtarlama yaparak harmonikleri de minimize ederek bu işlemi gerçekleştirmektedir. Bunun için 2 IGBT ve 8 diyot konfigürasyonu kullanılmaktadır. Basit düzeyde bir modelleme aşağıda görülmektedir.



Şekil 1: Genel Devre Şeması

Pozitif yarı periyod süresince, S₁ anahtarı kapalı iken, yük akımı kaynaktan S₁ anahtarı üzerinden yüke doğru akar. Pozitif yarı döngü için ve S₁ anahtarı on konumunda iken Şebekeden çekilen akım 1 ve 4 diyotları üzerinden motora doğru akar. S₂ anahtarı off konumunda olduğu için motor üzerindeki akım kendini şebeke üzerinden tamamlar. S₁ off ve S₂ on olduğunda akım 8 ve 5 diyotları üzerinden akarak sönmülmektedir.



Şekil 2: Gerilim ve Akım

Pozitif yarı sinüs eğrisi döngüsünde, S₁ anahtarı on konumunda iken (mavi sinyal pozitif), S₂ anahtarı off konumunda ve motordan geçen akım (sarı renkli sinyal) kendini şebeke üzerinden tamamlamaktadır. S₁ anahtarı off konumunda iken (mavi sinyal sıfırda) S₂ anahtarı on yapılarak akım akacak yol bulmak için S₂ anahtarı üzerinden kendine yol bulmaktadır. Görüldüğü üzere akım hiçbir şekilde döngü içerisinde sıfıra düşmemekte böylece akım sürekliliği sağlanmaktadır.

Negatif döngüde aynı mantık ile yine S₁ ve S₂ anahtarı ve 2,3,6,7 numaralı diyotlar kullanılmaktadır.

Gerilimin etkin değeri bizim belirlediğimiz görev oranına göre ayarlanmakta, bu değer de yükten yüke değişmektedir. Her bir periyottaki kare dalga sayısı (kapı sinyali) sayısının artırılması düşük dereceli harmoniklerin elimine edilmesi anlamına gelmektedir. Kare dalga elde edilme mantığı aşağıda formülize edilmiştir. Bir referans DC sinyalin büyüklüğü değiştirilerek istenilen görev oranında kare dalga elde edilebilir.

$$V_0 = \begin{cases} V & V_{dc} > V_T \\ 0 & V_{dc} < V_T \end{cases}$$

Buradaki V_T karşılaştırma için kullanılan testere dişi sinyalidir. PI kontrolcü kullanılması düşünülmendiğinden bunlar yazılım yoluyla gecikmeler yapılarak ayarlanabilir. Görev oranı bu gecikme ile değiştirilebilir.

Üretilen kare dalga darbe sinyallerinin genişliklerinin ortalaması, çıkışta üretilecek olan analog değer elde edilmesini sağlar. Matematiksel ifade:

$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} f(t) dt = V \frac{t_1}{T}$$

$$D = \frac{t_1}{T}$$

Burada t_1 sinyalin on olduğu süre T ise kare dalganın periyodudur.

IV.YAZILIM BAZINDA SİMÜLASYONLARLA SİSTEMİN İNCELENMESİ

Devrenin yazılımı oldukça kısa ve basittir. 2 adet IGBT'ye ait tetikleme mikrokontrolcünden gönderilmiştir. Bunun içinde bir döngü içerisinde 1 saniye boyunca yüksek frekanslı kapı sinyali gönderilmektedir. Bu sinyaller motor parametrelerine bağlı olarak en uygun görev oranı ile sağlanmaktadır. Motorun çektiği yumuşak başlangıç sağlandıktan sonra motora seri bağlı anahtar sürekli on konumunda paralel bağlı anahtar sürekli off konumunda bırakılarak normal şebeke voltajı motora aktarılmaktadır. Böylece devre sadece başlangıç çalışmada aktiftir.

V.DONANIM BAZINDA DENEYSEL OLARAK SİSTEMİN İNCELENMESİ

Devre yüke seri 1 IGBT, yüke paralel IGBT olmak üzere seri ve paralel iki anahtar kullanılmaktadır. Devrenin pozitif negatif döngüdeki akım sürekliliğini sağlamak üzere ise 8 adet diyot bulunmaktadır. Bu diyotlar yüksek akıma dayanıklı ve hızlı diyotlardır. Bu anahtar ve diyot konfigürasyonu doğru şekilde yapılan on-off kombinasyonu ile sorunsuz çalışmaktadır.

VI.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Projede hedeflenenler büyük oranda gerçekleştirildi. Matlab simulink ortamında başlangıç akımı motor parametrelerine bağlı farklı görev oranlarında %50 civarında düşürüldü. Gerçekleme kısmı öncelikle 220 volt 60 watt bir ampülle gerçekleştirildi. Şebekeden alınsan voltaj 110 ile 214 volt arasında değiştirildi. Ampülün çektiği akım da buna bağlı olarak kontrol edildi. İkinci aşama olarak bir varyak yardımıyla 110 volt 0.25 Amperlik bir fan üzerinde testler gerçekleştirildi. Burada da akım kontrolü kısmen sağlandı çekilen akım 0.16 Ampere kadar çekildi. Fakat AC kapı sürücüsünde Dc kaynaktan fazla akım çekilmesi sonucu devre arızalandı. Bu arıza sebebinin yüksek anahtarlama dolayısıyla DC kaynağın IGBT'nin gate ucuna fazla akım akması olduğu düşünülmektedir. Ancak hem R hem de R-L yükte dere çalışmış istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Çok az yer kaplayan nispeten düşük maliyette, asenkron motorlar için bir yumuşak başlangıç yöntemi sunulmuştur.

VII.REFERANSLAR

[1] Recai ÖZCAN1, Ahmet TOPRAK2, Ayşegül TOPRAK3, " Arduino ile Tek Fazlı AC Kırıyıcı Devresi Tasarımı ve Uygulaması", Bilim,

Mühendislik ve Teknoloji Yayınları, ISSN: 2528 – 9802, No: 2, Volume: 1, 2017

[2] O. B. Karagül, D. Başol, and İ. Yücedağ, "Güç Elektroniği Dönüştürücü Modelleri Eğitim Modülü," Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg., vol. 3, pp. 79–87, 2014.

[3] M. Balasubramonian and S. Dharani, "Design and Implementation of SHE PWM in a Single Phase AC Chopper Using Generalized Hopfield Neural Network," vol. 3, no. 1, pp. 799–808, 2014.

[4] F. M. Bruce, R. J. Graefe, A. Lutz and M. D. Panlener "Reduced-voltage starting of squirrel-cage induction motors" *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. IA-20, No. 1, pp. 46-55, January/February 1984.

[5] Zeynep Bal a Duranay, Hanefi Güldemir , 'AA Kırıyıcı Beslemeli Bir Fazlı Asenkron Motor Hız Kontrolü", Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi, 30(2), 111-119, 2018

[6] Ahmed Riyaz1, Atif Iqbal1*, Shaikh Moinoddin1, SK. MoinAhmed1, Haitham Abu-Rub2, "Comparative performance analysis of Thyristor and IGBT based induction motor soft starters", *International Journal of Engineering, Science and Technology* Vol. 1, No. 1, 2009, pp. 90-105

[7] K. Sundareswaran and P. S. Manujith, .Analysis and performance evaluation of triac-voltage controlled capacitor run induction motor, *Electric Power Components and Systems*, 2004, pp. 913-925.

[8] S. B. Yaakov and Y. Hadad, .A Four Quadrants HF AC Chopper with no Deadtime., *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, APEC '06*. 19-23 March 2006.

[9] Veera Thanyaphirak,Vijit Kinnaree, "PWM AC Chopper Control Schemes for Energy Saving of Single-Phase Induction Motors", *IEEE IPEC* 2012, pp.21-25

[10] Nabi A. Ahmed*,kenji Amei,Masaaki Sakui, "AC chopper voltage controller-fed

single-phase induction motor employing symmetrical PWM control technique.”, Elect. Power sys. Research 55, 2000, pp. 15-25

İçindekiler

| | |
|----------------------------------------------------|----|
| ÖZ | 9 |
| ABSTRACT | 9 |
| 1.GİRİŞ | 9 |
| 1.1 Konu/Amaç | 9 |
| 1.2 Yöntem/Teori | 10 |
| 1.3 Literatür Özeti..... | 13 |
| 2.GELİŞME | 15 |
| 2.1 Devre Topolojisi..... | 15 |
| 2.2 IGBT | 15 |
| 2.3 Diyot | 16 |
| 2.3 TLP250 | 17 |
| 2.4 Darbe Genişlik Modülasyonlu Kontrol..... | 17 |
| 2.5 Simulasyon | 19 |
| 2.5.1 R Yük için Simulasyon | 20 |
| 2.5.2 R-L Yük için Simulasyon | 21 |
| 2.5.3 THD Sonuçları | 23 |
| 2.7 Yazılım..... | 24 |
| 3.GERÇEKLEME VE BULGULAR | 26 |
| 3.1 Düşük Voltajda R-L Yükte Gerçekleme | 27 |
| 3.2 Ampülde Gerçekleme | 27 |
| 3.3 Fan Üzerinde Gerçekleme | 28 |
| 4.SONUÇLAR..... | 28 |
| 4.REFERANSLAR..... | 29 |
| Lisans Bitirme Projesi Özdeğerlendirme Formu | 30 |

Şekiller

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1. Bir Faz için Modelleme | 10 |
| Şekil 2. Motor Yüğü için Akım ve Gerilim Sinyalleri | 10 |
| Şekil 3. Pozitif Yarım Periyodunda S1 On Durumu | 11 |
| Şekil 4. Pozitif Yarım Periyodunda S2 On Durumu | 11 |
| Şekil 5. Negatif Yarım Periyodunda S1 On Durumu | 11 |
| Şekil 6. Negatif Yarım Periyodunda S2 On Durumu | 11 |
| Şekil 7. Darbe Genişlik Modülasyonu | 12 |
| Şekil 8. IGBT Sembol ve Genel Özellikleri | 15 |
| Şekil 9. Diyot ve Akım-Gerilim Grafiği | 16 |
| Şekil 10. MUR 860 Özellikleri | 16 |
| Şekil 11. TLP250 İç Yapısı | 17 |
| Şekil 12. TLP250 Bağlantı Devresi | 17 |
| Şekil 13. TLP250 Giriş Çıkışı | 18 |
| Şekil 14. $V_s(t)$ | 19 |
| Şekil 15. $V_L(t)$ | 19 |
| Şekil 16. R Yükte Simulasyon | 20 |
| Şekil 17. Rezistif Yüğü için Akım ve Gerilim | 20 |
| Şekil 18. Farklı Görev Oranlarında Akım Değişimi | 20 |
| Şekil 19. Motor Yüğü için Devre Şeması | 21 |
| Şekil 20. Anahtarlama Düzeni | 21 |
| Şekil 21. Motor Yüğü için Yumuşak Kalkış | 22 |
| Şekil 22. Farklı Görev Oranlarında Motorun Çektiği Akım | 22 |
| Şekil 23. Hız ve Moment | 23 |
| Şekil 24. Tristör ve IGBT Bazlı Devre Toplojileri | 23 |
| Şekil 25. Tristör ve IGBT Bazlı Devrelerin THD Oranları | 24 |
| Şekil 26. Şematik ve Board PCB Tasarımı. | 25 |
| Şekil 27. Devrenin Son Hali | 26 |
| Şekil 28. Düşük Voltajda R-L Yükte Gerçekleme | 26 |
| Şekil 29. Ampülde Gerçekleme | 27 |
| Şekil 30. Ampülde Voltaj Değişimi | 27 |
| Şekil 31. Fan Üzerinde Gerçekleme | 28 |
| Şekil 32. Akım Değişimi | 28 |

ÖZ

Endüstride geniş bir kullanım alanına sahip olan asenkron motorlarının kullanım amacına göre motor sürücü anlamındaki farklı topolojiler hala çok rağbet gören bir çalışma alanıdır. Asenkron motorların başlangıçta nominalin 8 katına kadar akım çekmesi bazı uygulamalarda mekanizma sorunlarına hatta motorun kendisine zarar verebilmektedir. Bu sorunun üstesinden gelmek için başlangıç akımını kontrol etmek amaçlı IGBT tabanlı bir topoloji ile giriş geriliminin etkin değer kontrolü ile kontrol sağlanmıştır. Bu çalışma yürüyen merdivenlerde, pompalamalarda, fanlar ve üfleyicilerde, kompresörlerde, kırıcılarda, asansörlerde, santrifüjlerde ve daha bir çok yerde yaygın olarak kullanılan bir fazlı asenkron motorların başlangıç akımını düşürmeye yönelik bir çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: Asenkron motor, IGBT, Yumuşak Kalkış, THD

ABSTRACT

According to the purpose of using asynchronous motors, which have a wide range of applications in the industry, different topologies in terms of motor drive are still a very popular field of study. Asynchronous motors pull current up to 8 times the nominal value in the beginning, in some applications, it can damage mechanism problems and even the motor itself. To overcome this problem, an IGBT-based topology was controlled with effective value control of the input voltage to control the starting current. This study is a study to reduce the starting current of one phase asynchronous motors commonly used in escalators, pumping, fans and blowers, compressors, breakers, elevators, centrifuges and many more.

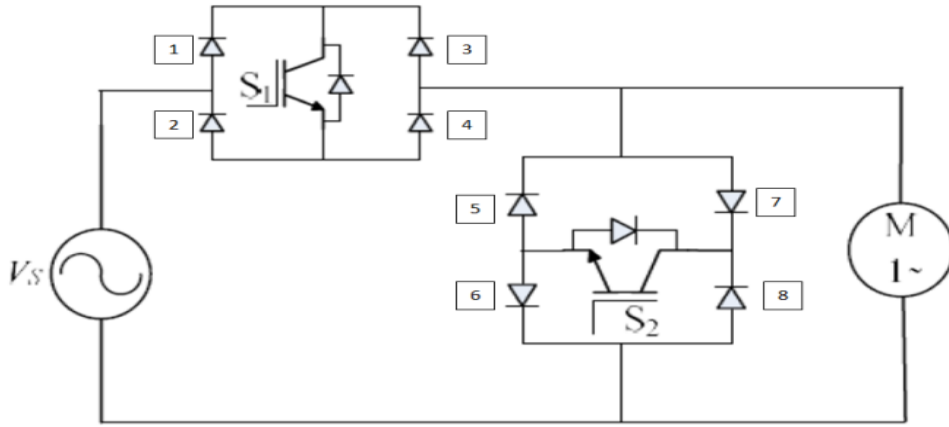
1.GİRİŞ

1.1 Konu/Amaç

Yumuşak başlangıç sistemleri asenkron motorların başlangıçta yüksek akım çekmesi sonucu ortaya çıkan bir ihtiyaçtır. Başlangıçtaki bu yüksek akımın hem elektriksel hem de mekaniksel hasarlara yol açabilmesi yumuşak başlangıç gerekliliğini göstermektedir. Bu çalışmada amaç motorun çektiği bu akımının kontrol edilebilirliğini sağlamaktır. Bu anlamda IGBT tabanlı bir devre topolojisi sunulmuş olup elde edilen bulgular bu yöntemin işlevsel olduğunu göstermektedir. Dikkat edilmesi gereken diğer noktalar, devrenin düşük maliyette ve az yer kaplamasıdır. Öncelikle 1 fazlı motor için düşünülen sistemin düşük oranda harmonik verebilmesi de diğer geleneksel yumuşak başlangıç sistemlerine karşı avantaj olarak görülebilir. Ayrıca devrede DC-link ve kapasitörünün bulunmaması da maliyet ve hacimin düşük tutulması anlamında önemli bir etkidir.

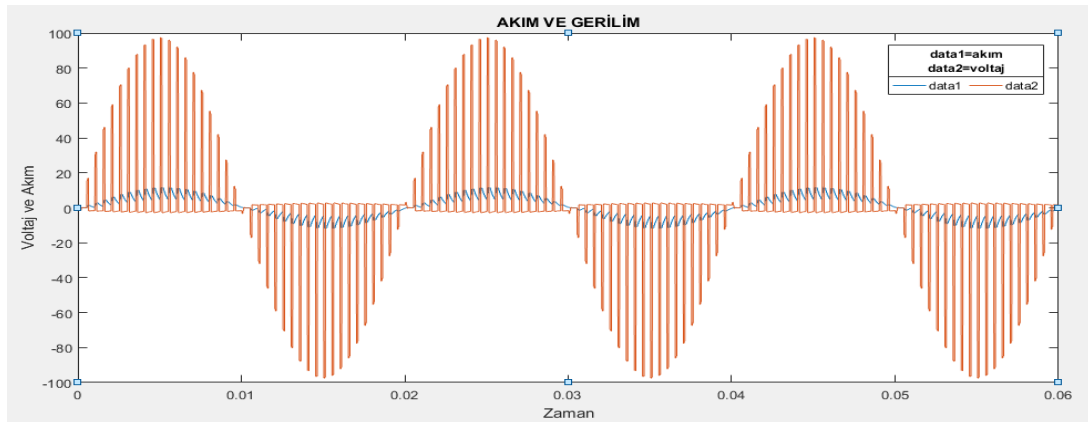
1.2 Yöntem/Teori

Bu projede ana hedef belirtildiği üzere düşük maliyette ve düşük hacimde motor başlangıç akımını düşürmek için bir yöntem sunmak ve gerçekleştirmektir. Bu anlamda bu amaçlara uygun olarak en makul yöntemin, kapasitör, DC link olmadan fazladan anahtarlama elemanı kullanımından tasarruf sağlayan AC-AC kısıyıcı ile gerçekleştirilebileceği görülmektedir. Ancak kısıma işlemi geleneksel tristör bazlı modelde olduğu gibi düşük frekansta anahtarlama ile değil IGBT ile yüksek frekansta anahtarlama yaparak harmonikleri de minimize ederek bu işlemi gerçekleştirmektedir. Bunun için 2 IGBT ve 8 diyot konfigürasyonu kullanılmaktadır. Basit düzeyde bir modelleme aşağıda görülmektedir.



Şekil 1: Bir faz için modelleme

Pozitif yarım periyod süresince, S1 anahtarı kapalı iken, yük akımı kaynaktan S1 anahtarı üzerinden yüke doğru akar. Pozitif yarım döngü için ve S1 anahtarı on konumunda iken Şebekeden çekilen akım 1 ve 4 diyotları üzerinden motora doğru akar. S2 anahtarı off konumunda olduğu için motor üzerindeki akım kendini şebeke üzerinden tamamlar. S1 off ve S2 on olduğunda akım 8 ve 5 diyotları üzerinden akarak sönümlenmektedir.

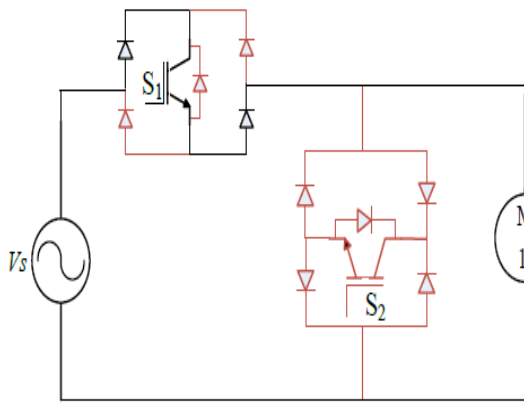


Şekil 2: Motor Yüğü için Akım ve Gerilim Sinyalleri

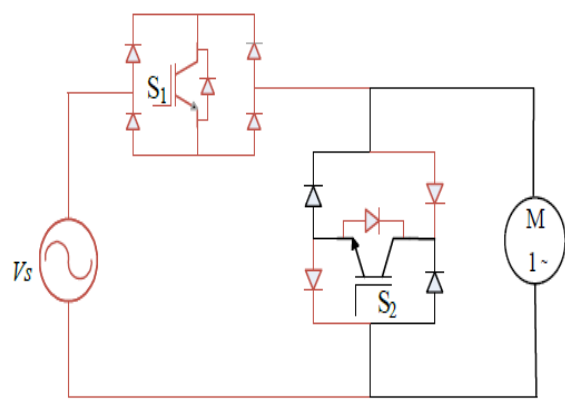
Pozitif yarım sinüs eğrisi döngüsünde, S1 anahtarı on konumunda iken (mavi sinyal pozitif), S2 anahtarı off konumunda ve motordan geçen akım kendini şebeke üzerinden tamamlamaktadır. S1 anahtarı off konumunda iken (voltage maksimumda) S2 anahtarı on yapılarak akım akacak yol bulmak için S2 anahtarı üzerinden kendine yol bulmaktadır. Görüldüğü üzere akım hiçbir şekilde döngü içerisinde sıfıra düşmemekte böylece akım sürekliliği sağlanmaktadır.

Negatif döngüde aynı mantık ile yine S1 ve S2 anahtarı ve 2,3,6,7 numaralı diyotlar kullanılmaktadır.

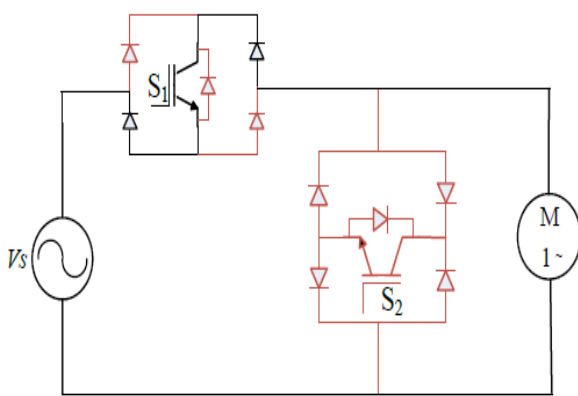
Aşağıda şekillerle bu daha net bir şekilde anlatılmaya çalışılacaktır.



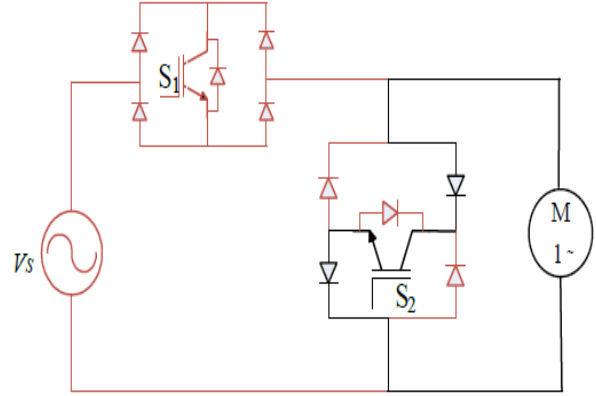
Şekil 3: Pozitif yarım periyodunda S1 on durumu



Şekil 4: Pozitif yarım periyodunda S1 off durumu



Şekil 5: Negatif yarım periyodunda S1 on durumu



Şekil 6: Negatif yarım periyodunda S1 off durumu

Gerilimin kontrolü için çeşitli darbe genişlik modülasyon teknikleri kullanılmakta olup, bu teknikler içerisinde sinüzoidal darbe genişlik modülasyon tekniği en yaygın olup aynı zamanda harmoniklerin bastırılması için de kullanılmaktadır.

Gerilimin etkin değeri bizim belirlediğimiz görev oranına göre ayarlanmaktadır. Her bir periyottaki kare dalga sayısı (kapı sinyali) sayısının artırılması düşük dereceli harmoniklerin elimine edilmesi anlamına gelmektedir. Kare dalga elde edilme mantığı aşağıda formülize edilmiştir. Bir referans DC sinyalin büyüklüğü değiştirilerek istenilen görev oranında kare dalga elde edilebilir.

$$V_o = \begin{cases} V & V_{dc} > V_T \\ 0 & V_{dc} < V_T \end{cases}$$

Buradaki V_T karşılaştırma için kullanılan testere dişi sinyalidir. PI kontrolcü kullanılması düşünülmediğinden bunlar yazılım yoluyla gecikmeler yapılarak ayarlanabilir. Görev oranı bu gecikme ile değiştirilebilir.

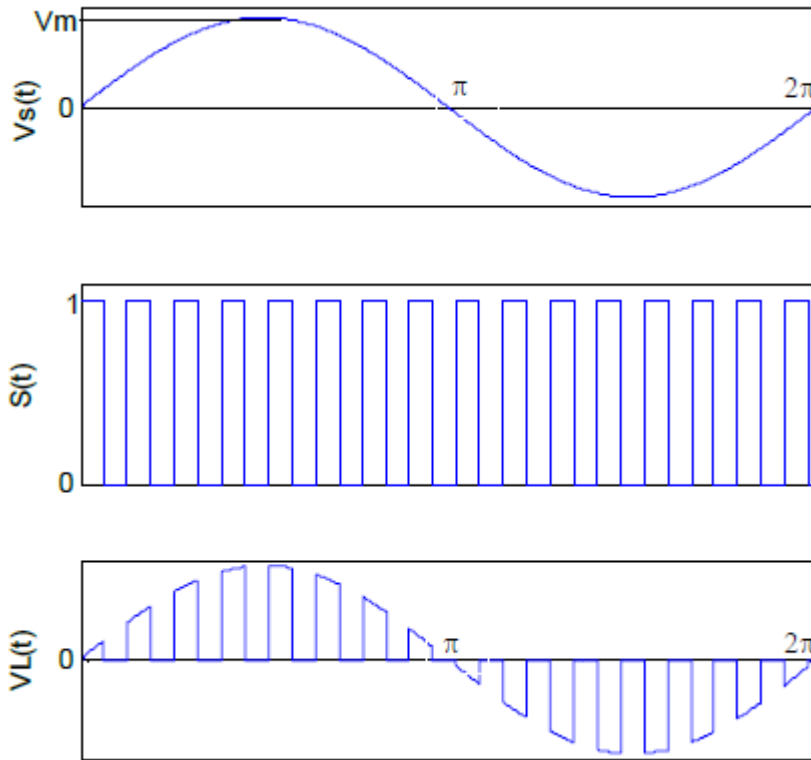
Üretilen kare dalga darbe sinyallerinin genişliklerinin ortalaması, çıkışta üretilecek olan analog değerin elde edilmesini sağlar. Matematiksel ifade:

$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^{t_1} f(t) dt = V \frac{t_1}{T}$$

$$D = \frac{t_1}{T}$$

Burada t_1 sinyalin on olduğu süre T ise kare dalganın periyodudur.

Kıyılmış gerilim, kaynak yani şebeke geriliminin D görev oranlı ve ω_s anahtarlama frekanslı bir anahtarlama sinyali $s(t)$ ile çarpılmasıyla elde edilebilmektedir.



Şekil 7: Darbe Genişlik modülasyonu

Anahtarlama fonksiyonu $s(t)$ ' nin Fourier açılımı,

$$s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_s t + b_n \sin n\omega_s t)$$

Burada a_0 , ortalama değeri, a_n ve b_n ise Fourier katsayılarını, n harmonik derecesini ve ω_s ise anahtarlama frekansını belirtmektedir. a_0 , a_n ve b_n katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$a_0 = \frac{t_1}{t_1+t_2} = \frac{t_1}{T} = D$$

$$a_n = \frac{1}{n\pi} \sin(n2\pi D)$$

$$b_n = -\frac{1}{n\pi} [1 + \cos(n2\pi D)]$$

Kaynak gerilimi,

$$v_s(t) = V_m \sin \omega t$$

Yük gerilimi kaynak gerilimi ile anahtarlama fonksiyonunun çarpımından elde edilmektedir.

$$v_L(t) = v_s(t) \cdot s(t) = V_m \sin \omega t \cdot s(t)$$

$$v_L(t) = a_0 V_m \sin \omega t + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n V_m (\cos n\omega_s t \cdot \sin \omega t) + b_n V_m (\sin n\omega_s t + b_n \sin \omega t)]$$

1.3 Literatür Özeti

Bu çalışmada 2 IGBT ve 8 diyot konfigürasyonu ile motorda akım sürekliliği sağlanmak üzere IGBT'lerin açık ve kapalı olma görev oranı kontrol edilerek, gerilim dolayısıyla akım kontrolü sağlanması amaçlanmıştır.

Elektrik enerji şekillerini birbirine dönüştüren elektronik devrelere dönüştürücü denir . Dört temel dönüştürücü devresi vardır. Bunlar; AC-DC dönüştürücü, AC-AC dönüştürücü, DC-DC dönüştürücü ve DC-AC dönüştürücüdür. Bu devre yapıları, alternatif akım veya doğru akım türündeki elektrik enerjisinin birbirlerine veya kendi içlerinde farklı şekillere ve seviyelere dönüştürülmesi işlemini gerçekleştirmektedir.[1]

Motor yumuşak kalkışı için kullanılan yöntemlerden bir tanesi AC-AC kıyıcı kullanmaktır. AC-AC dönüştürücüler, sabit genlikli ve sabit frekanslı bir alternatif giriş geriliminden istenilen frekans ve genlikte bir çıkış dalga şekli elde edilmesini sağlar. Frekansı sabit tutularak genliğini değiştiren dönüştürücü devresine ise AC kıyıcı denir. AC kıyıcıda,

AC gerilimin her iki yarım periyodu belli açılarda kesilerek çıkış geriliminin efektif değeri değiştirilir, böylece istenilen değerde AC gerilim elde edilmiş olur. Kıyıcı devreleri tek veya üç fazlı olarak gerçekleştirilebilir. Endüstride yaygın olarak endüksiyon ısıtma, ışık dimmerinde, motor hız kontrolünde ve motorlara yol vermede yaygın olarak kullanılmaktadır [2][3].

Piyasada kullanılan asenkron motorlar için bir çok yumuşak kalkış yöntemi kullanılmaktadır. Başlangıç akımını sınırlamak için motor başlangıç yöntemlerinden biri olarak tek fazlı endüksiyon motorunun beslendiği voltaj büyüklüğünü azaltmak için bir oto-transformatörler kullanılabilir. Ancak bu yöntem beraberinde maliyet ve hacim sorunlarını getirmektedir[4]. Başka bir yöntem ise DC-link kullanılarak PWM ile başlangıç akımı düşürmektir. Bu da yine aynı şekilde maliyet ve hacim sorunları oluşturmaktadır. Yumuşak kalkış için ideal bir yöntem olan alternatif akım kıyıcıları sabit frekanslı ve sabit genlikli şebeke geriliminden sabit veya değişken frekanslı ve genlikli bir gerilime ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılırlar.[5] Frekans sabit tutularak sadece gerilimi başlangıç için kontrol ederek bir yumuşak kalkış sağlanabilir.

Tristör tabanlı yumuşak yolvericiler ekonomik, basit ve güvenilirdir. Başlangıç torku gereksiniminin düşük olduğu orta gerilim büyük endüksiyon motorlarında ekonomik olarak kullanılabilirler. Tristörler başlangıçta yumuşak başlatıldığında büyük bir ateşleme açısında (düşük voltaj) tetiklenir, ardından ateşleme açısında azalma ve ardından motora uygulanan voltajda artış olur. Asenkron bir motorun durduğu andaki başlangıç torku, uygulanan voltajın karesiyle orantılıdır. Dolayısıyla bu kesinlikle endüksiyon motorunun yük üzerinde çalışmasını etkiler.[6] Triyak, besleme geriliminin bazı kısımlarının ana şebekeye uygulanmasına izin vermek için istenen bir faz açısında açılır.[7]

Bir AA kıyıcı devresi çift yönlü akım geçirebilen anahtarlar gerektirmektedir. Akımın yön değiştirmesi yani komütasyon olayı gerilim yükselmelerine sebep olmaktadır. Ayrıca faz kontrollü yumuşak kalkışlar sinüs girişinin şekline büyük oranda bozmaktadır. Bu da yüksek harmonik oranı demektir. Hem kıyıcı hem de yüksek frekanslı anahtarlama kullanıldığı zaman bu harmonikler azaltılabilir.

Darbe genişlik modülasyonlu (PWM) AC kıyıcıların yüksek anahtarlama frekanslarında çalıştırılması, küçük boyutlu filtrelerin bunları kolayca ortadan kaldırabileceği daha yüksek frekanslarda ortaya çıkan harmoniklerle sonuçlanacaktır.[8] Motor gerilimi, iki yönlü SW1 ve SW2'yi açmak ve kapatmak için PWM sinyallerinin görev döngüsünün her iki anahtarın da dönüşümlü olarak çalışacağı şekilde kontrol edilerek değiştirilebilir.[9] Darbe genişlik modülasyonlu AA kıyıcıların performanslarını artırmak için kullanılan bir yöntemdir. Darbe genişlik modülasyonu, üretilecek olan darbelerin, genişliklerini kontrol ederek, çıkışta üretilmek istenen analog elektriksel değerin veya sinyalin elde edilmesi tekniğidir.[10]

2.GELİŞME

2.1 Genel Devre Topolojisi

Genel devre topolojisi motor için akım sürekliliğini sağlamaya yönelik tasarlanmıştır. Şekil 1’de motora seri anahtar ve diyot konfigürasyonu gerilimi yüksek frekansta kıymak için aşağıda motora paralel bağlı anahtar ve diyot konfigürasyonu ise akım sürekliliğini sağlamak üzere freeheawling dediğimiz döngüyü sağlamak için konulmuştur. Diyotlar hızlı diyot ve aynı zamanda 10 ampere kadar akım geçirebilen diyotlardır. Daha güçlü motorlar için bu diyotların akım geçirme özelliği daha yüksek olanları konulabilir.

2.2 IGBT

Kullanımının kolay, fiyatının uygun ve yaygın bir kullanım alanına sahip olması bunun yanında şebeke voltajına uygun ve 20 ampere kadar akım geçirebilmesi devrenin motorda kullanılması uygundur. Aşağıda kullanılan IGBT nin özellikleri verilmiştir.



Şekil 8: IGBT Sembol ve Genel özellikleri

| | Parameter | Max. | Units |
|---------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|------------|
| V_{CES} | Collector-to-Emitter Breakdown Voltage | 600 | V |
| $I_C @ T_C = 25^\circ C$ | Continuous Collector Current | 34 | A |
| $I_C @ T_C = 100^\circ C$ | Continuous Collector Current | 18 | |
| I_{CM} | Pulsed Collector Current ① | 68 | |
| I_{LM} | Clamped Inductive Load Current ② | 68 | |
| V_{GE} | Gate-to-Emitter Voltage | ± 20 | V |
| E_{ARV} | Reverse Voltage Avalanche Energy ③ | 10 | mJ |
| $P_D @ T_C = 25^\circ C$ | Maximum Power Dissipation | 100 | W |
| $P_D @ T_C = 100^\circ C$ | Maximum Power Dissipation | 42 | |
| T_J | Operating Junction and | -55 to + 150 | $^\circ C$ |
| T_{STG} | Storage Temperature Range | | |
| | Soldering Temperature, for 10 seconds | 300 (0.063 in. (1.6mm) from case) | |
| | Mounting torque, 6-32 or M3 screw. | 10 lbf•in (1.1N•m) | |

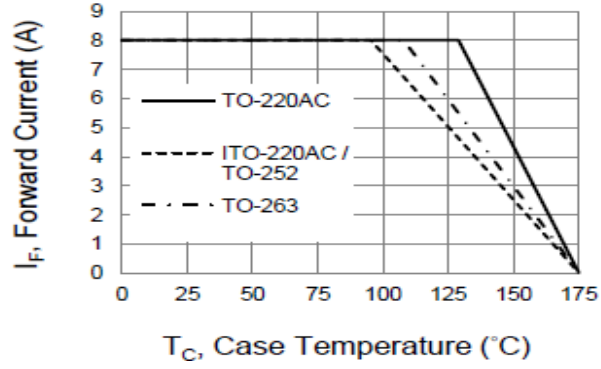
Thermal Resistance

| | Parameter | Typ. | Max. | Units |
|-----------------|-------------------------------------------|------------|------|--------------|
| $R_{\theta JC}$ | Junction-to-Case | — | 1.2 | $^\circ C/W$ |
| $R_{\theta CS}$ | Case-to-Sink, Flat, Greased Surface | 0.50 | — | |
| $R_{\theta JA}$ | Junction-to-Ambient, typical socket mount | — | 80 | |
| Wt | Weight | 2.0 (0.07) | — | g (oz) |

2.3 Diyot

Devrede kullanılan diyotların yüksek akıma dayanabilmesi gerekmektedir. Çünkü motor yükü fazla akım çekebilmektedir. Her ne kadar akımı düşürsek de bu oran için belli sınırlar vardır. Aynı zamanda yüksek frekansta anahtarlama yapacağımız için bu diyotların hızlı olması gerekmektedir. Anahtarlama hızından daha yüksek frekansta olmaları gerekir ki akımı sorunsuz geçirir. Bu şartlar ve maliyet beraber düşünüldüğünde en uygun seçimin mur860 olduğuna karar verilmiştir. Aşağıda bu diyotlara ait özellikler sıralanmıştır.

MUR860 TO-220AC



Şekil 9: Diyot ve Akım-Gerilim Grafiği

- Voltaj=600V, Akım=8A
- Düşük ileri voltaj, yüksek akım kapasitesi
- Düşük sızıntı
- Yanmazlık Sınıflandırması 94V-O kullanımı
- Alev Geciktirici Epoksi Döküm Bileşeni
- Süper hızlı iyileşme süreleri-epitaksiyal yapı

Maximum Ratings (T_A=25 °C unless otherwise noted)

| PARAMETER | SYMBOL | LIMIT | UNIT |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------|------|
| Maximum repetitive peak reverse voltage | V _{RRM} | 600 | V |
| Maximum rms voltage | V _{RMS} | 420 | V |
| Maximum dc blocking voltage | V _R | 600 | V |
| Maximum average forward current | I _{F(AV)} | 8 | A |
| Peak forward surge current : 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load | I _{FSM} | 100 | A |
| Maximum forward voltage at 8A | V _F | 1.5 | V |
| Maximum dc reverse current at rated dc blocking voltage | I _R | 5 | µA |
| Operating and storage temperature range | T _J , T _{STG} | -55 to +175 | °C |

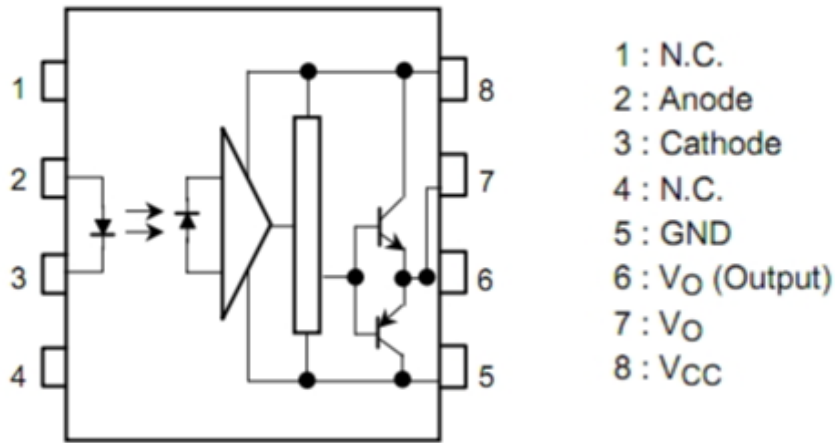
Şekil 10: MUR860 Özellikleri

2.4 TLP250

Devredeki IGBT leri sürmek için kapı sinyalleri oluşumu için optokuplör kullanılması gerekmektedir. (Bunun yerine IRF ler de kullanılabilir) TLP nin 2 ve 3. bacaklarına lojik sinyaller verilmesi gerekir. Girişe 18 ma den biraz daha fazla akım verilmesi gerekir ki optokuplörün içindeki led yansın. Girişine 5 V lojik veridiği takdirde led gerilim düşümü hesaba katıldığında 220 ohm bir direnç bağlanırsa yeterli akım sağlanacaktır.

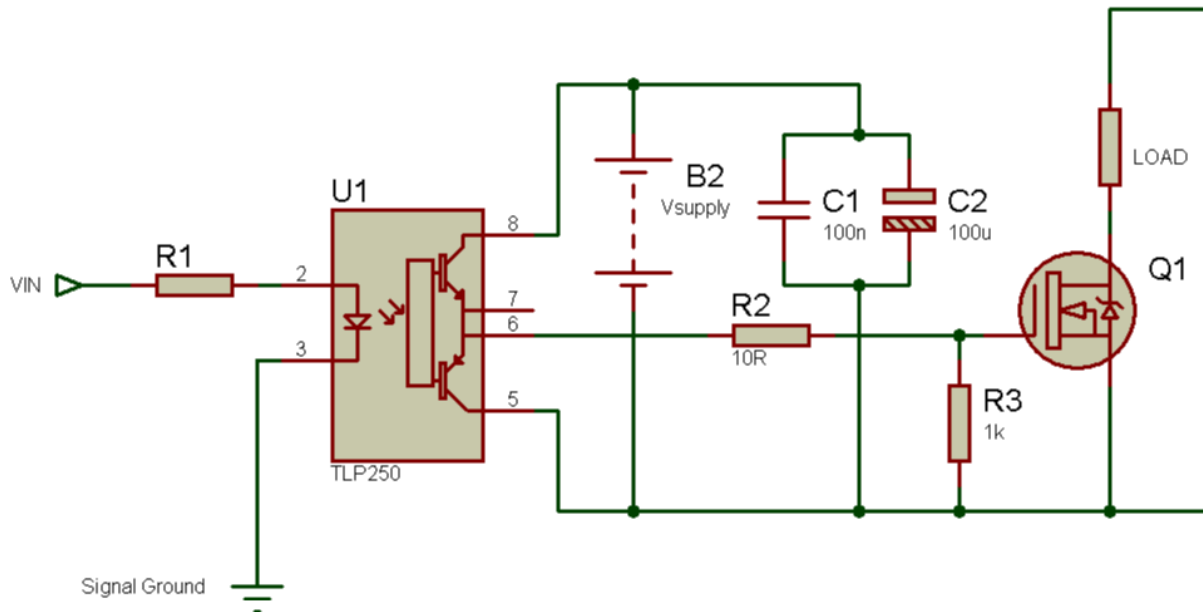
$(5V-0.7)/220 = 19 \text{ ma}$ akım geçerek led aktif hale gelir.

Aşağıda TLP nin iç yapısı görülmektedir.



Şekil 11: TLP 250 iç yapısı

İzolasyonun tam sağlanabilmesi için aşağıda TLP nin devrede kullanımının devresi görülmektedir.



Şekil 12: TLP 250 bağlantı devresi

Aşağıda girişe verilen sinyalin çıkışta yani kapı girişine giden sinyalin osiloskop görüntüleri bulunmaktadır.

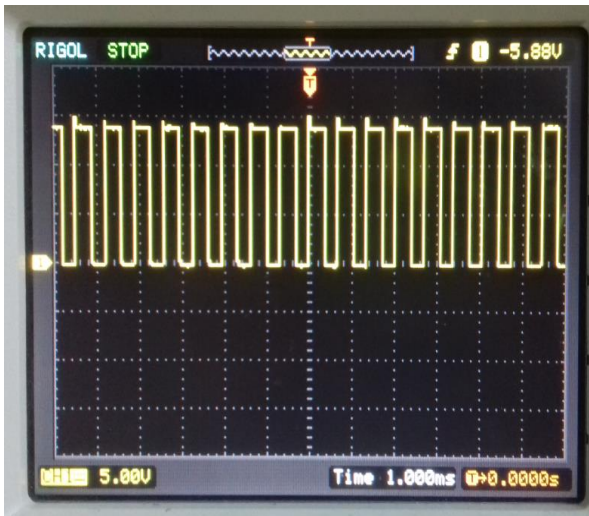


Şekil 13: TLP250 giriş ve çıkışı

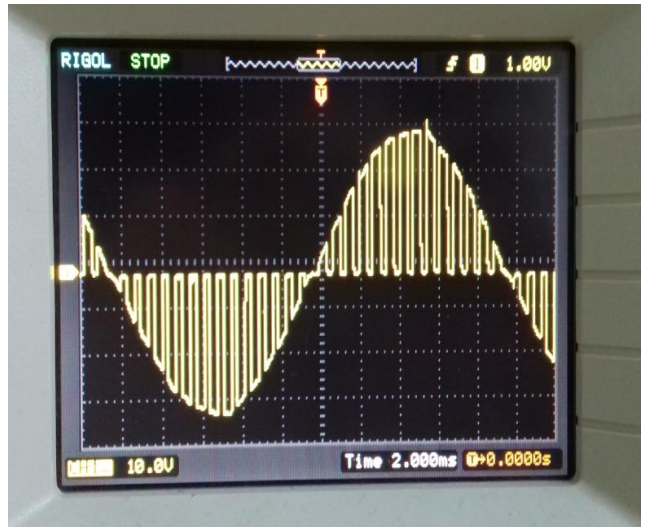
Girişe verilen 5 volt lojik çıkışta 15 V 'a yükseltilerek IGBT yi açabilecek büyüklüğe ulaşmaktadır.

2.4 Darbe Genişlik Modülasyonlu Kontrol

Mikrokontrolcünden TLP ye verilen sinyaller belirlenen yüksek frekanslarda verilerek bir anlamda modülasyon işlemini de yapmaktadır. Aşağıda bu işlemin osiloskop görüntüleri bulunmaktadır.



Sekil 14: S(t) sinyali



Şekil15 : VL(t)

$$s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_s t + b_n \sin n\omega_s t)$$

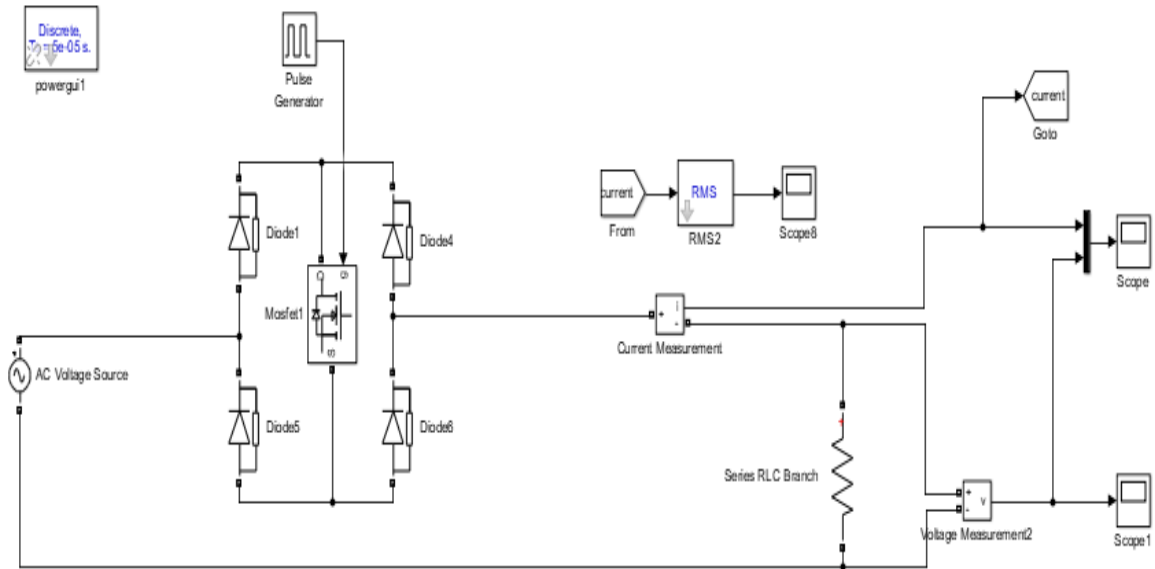
$$v_L(t) = v_s(t) \cdot s(t) = V_m \sin \omega t \cdot s(t)$$

$$v_L(t) = a_0 V_m \sin \omega t + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n V_m (\cos n\omega_s t \cdot \sin \omega t) + b_n V_m (\sin n\omega_s t + b_n \sin \omega t)]$$

2.5 Simulasyon

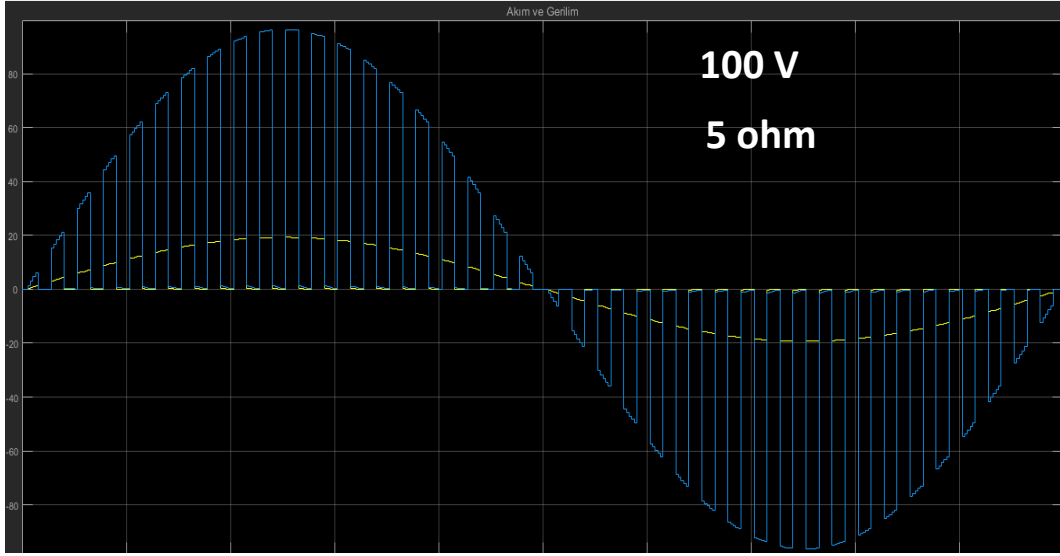
Model tasarlanmadan önce doğruluğundan emin olmak için matlab/simulink ortamında simüle edilmiştir. Devre önce R yükü üzerinde daha sonra R-L yük üzerinde değerlendirilmiş sonuçlar analiz edilmiştir. Ayrıca geleneksel tritör bazlı yumuşak başlangıç yöntemi de simüle edilmiş olup harmonik oranları karşılaştırılmıştır.

2.5.1 R Yükte Simulasyon

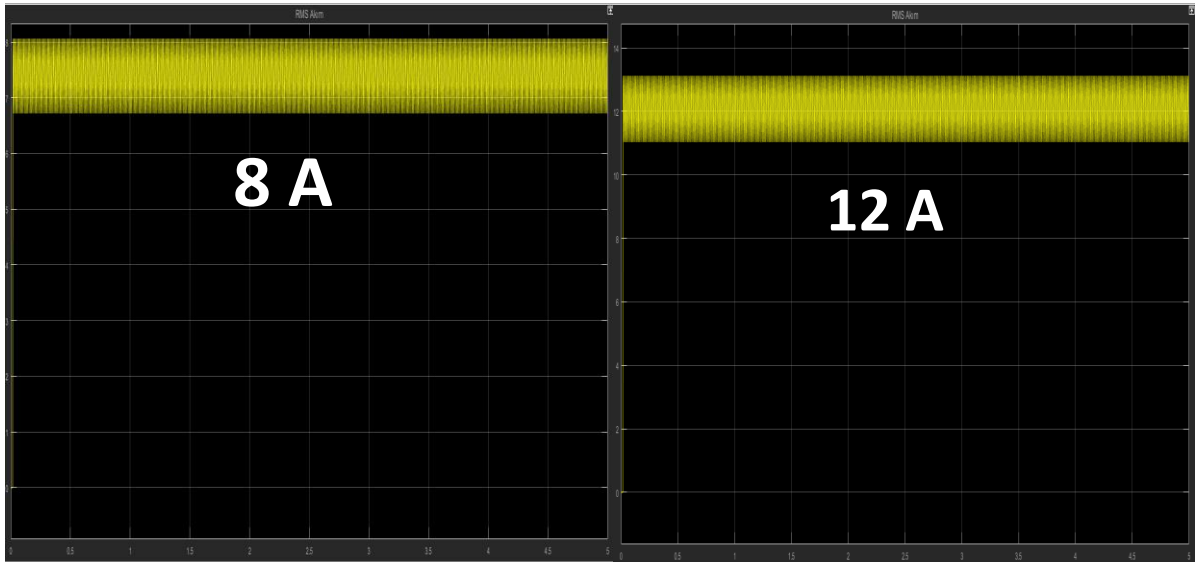


Şekil 16: R Yükte Simulasyon

Rezistif yük için aşağıda bulunan sonuçlarda görüldüğü üzere anahtarın on-off görev oranı ayarlanarak akım kontrolü sağlanmıştır. Görev oranı arttıkça akımın efektif değeri de artmıştır.



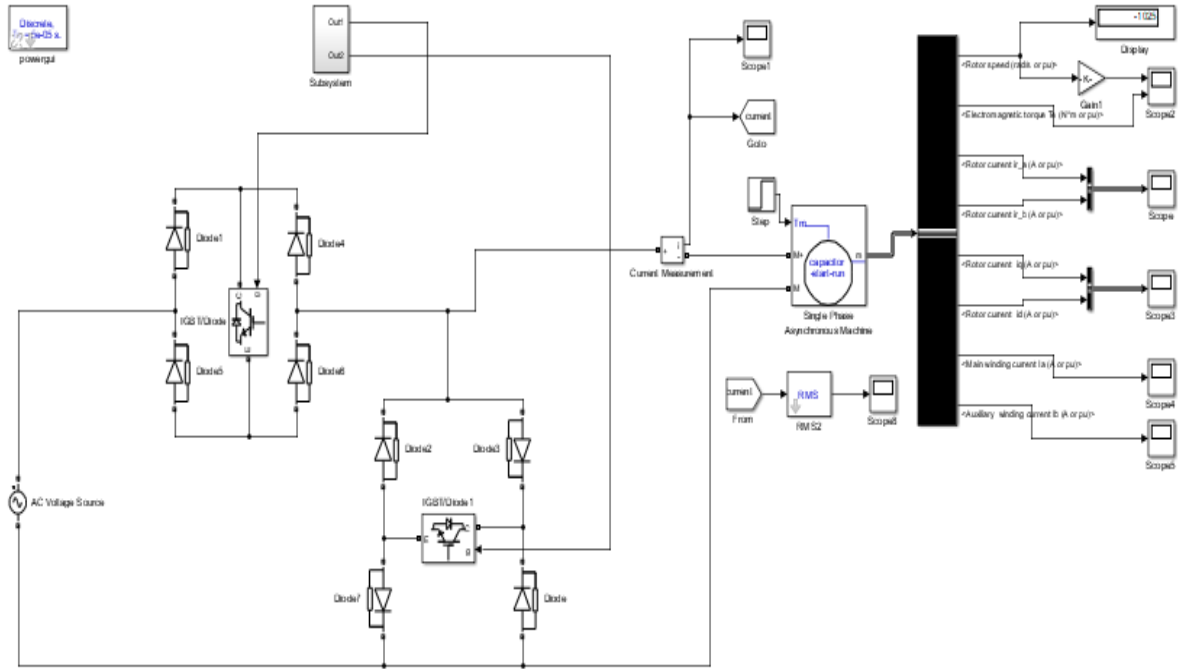
Şekil 17: Rezistif Yük için Akım ve Gerilim



Şekil 18: R Yükte Simulasyon Sonuçları(%25 Görev Oranında 8A ve %75 Görev Oranında 12 A)

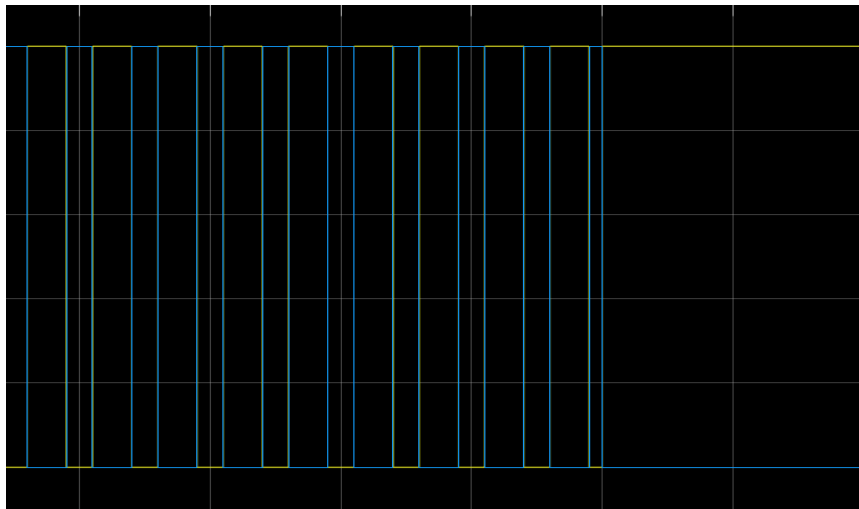
Görev oranı düşürülerek yük üzerindeki akımın etkin değeri kontrol edilebilir. Harmonik bozulmanın az olması için bu işlemin yüksek frekansta yapılması daha uygundur.

2.5.2 R-L Yükle Simulasyon (Motor Yüğü)



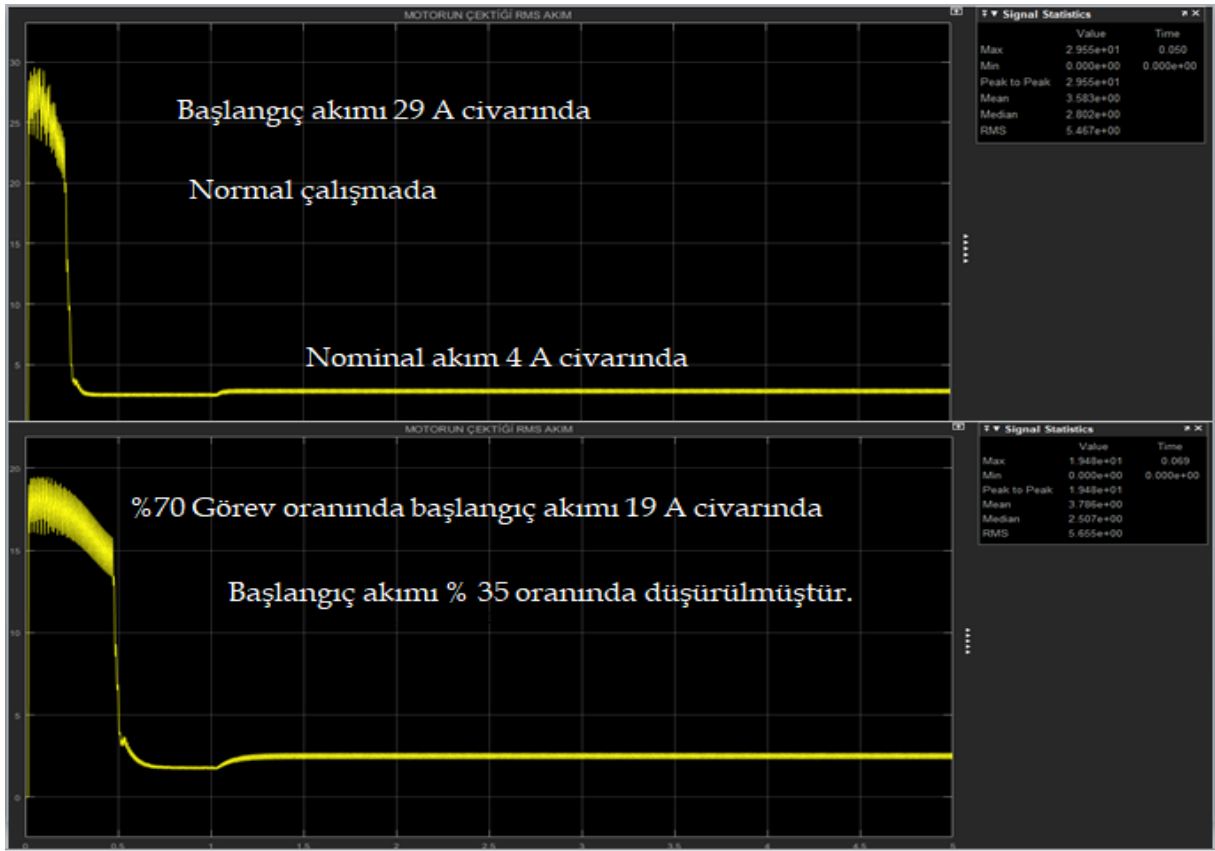
Şekil 19: Motor Yüğü için Devre Şeması

Motor yükünde akım sürekliliğini sağlamak için R yükteki devreye ek olarak paralel anahtar ve diyot konfigürasyonu da kullanılması gerekmektedir. Motor parametrelerine göre farklı görev oranları en iyi sonucu verebilmektedir. Başlangıçta yumuşak kalkış sağlandıktan sonra seri anahtar daima on konumda paralel anahtar daima off konumda bırakılarak şebekeden normal kıyılmamış voltaj aktarılması sağlanır. Aşağıda bu durumu anlatan anahtarlama düzeni skop görüntüsü gösterilmiştir.



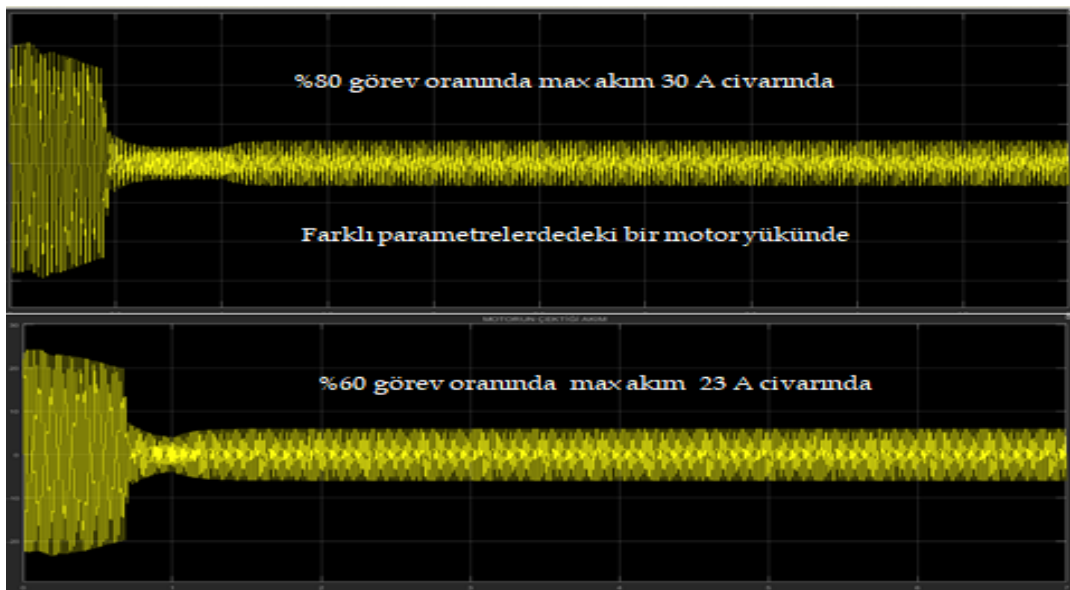
Şekil 20: Anahtarlama düzeni(Sarı=seri anahtar, mavi=paralel anahtar)

Dakikada 1500 devir/dakika hıza sahip bir motor için akım souçları aşağıda gösterilmiştir.

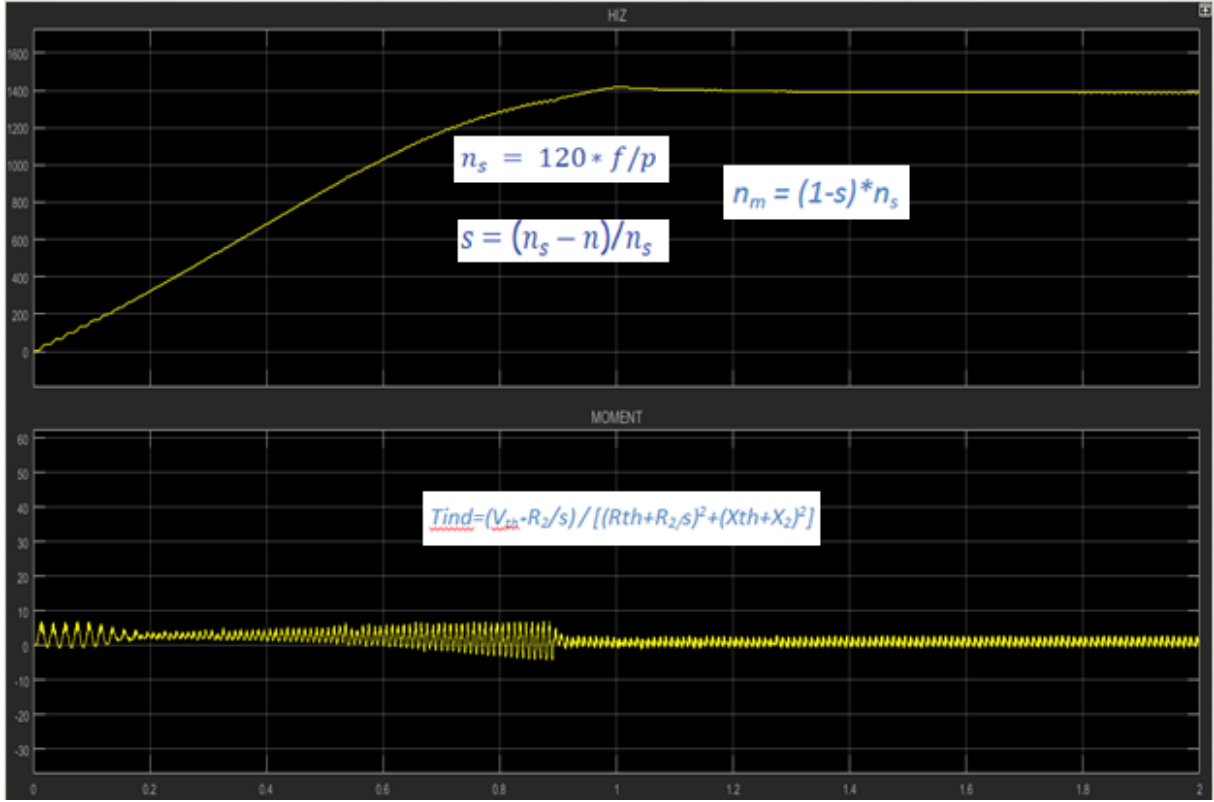


Şekil 21 : Motor yükü için yumuşak kalkış

Motor yükü için parametrelere bağlı olarak uygun görev oranı ile başlagıç akımı %35 civarında düşürülmüştür. Ayrıca motorun peak-peak akımı sonuçları ve moment-hız karakteristikleri de aşağıda gösterilmiştir.



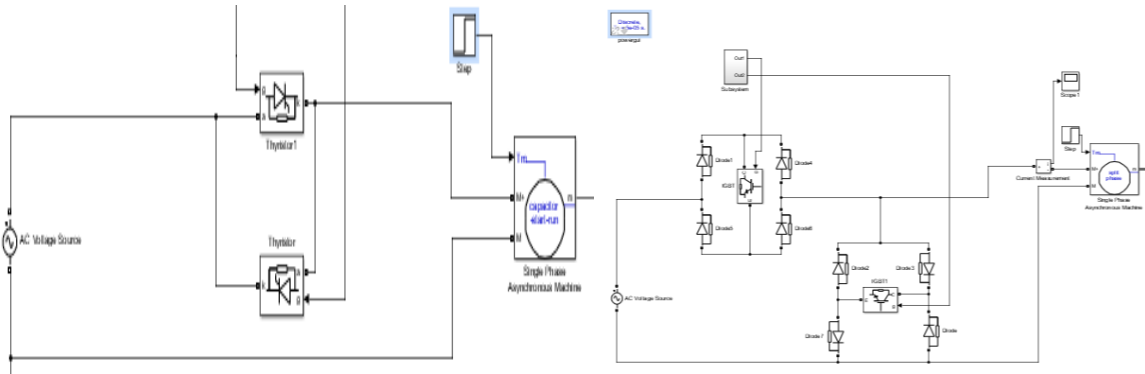
Şekil 22: Farklı Görev Oranlarında Motorun Çektiği Akım



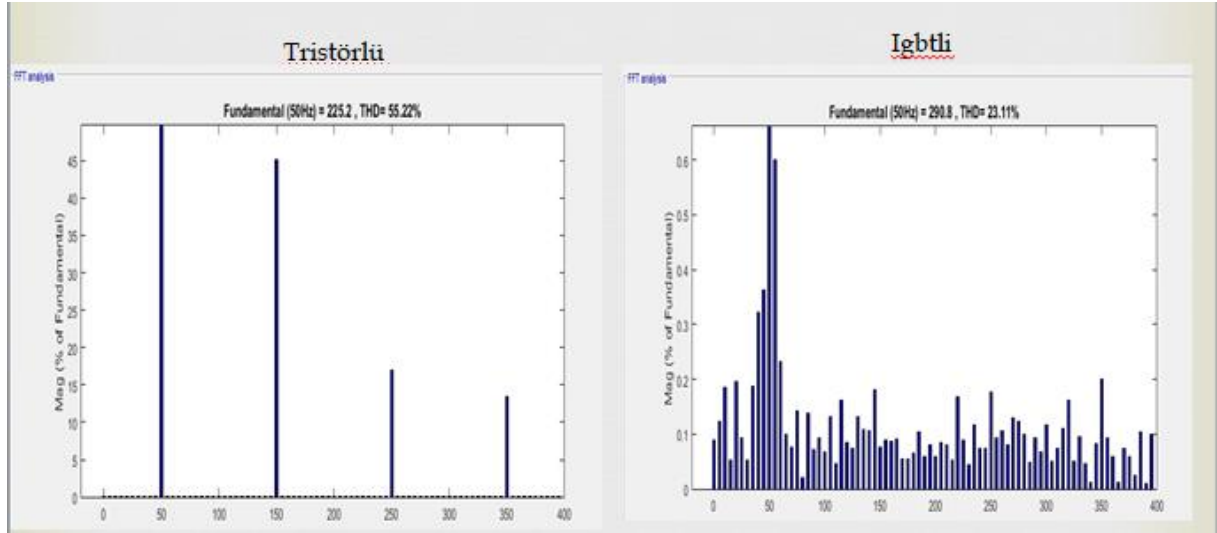
Şekil 23: Hız ve Moment

2.5.2 THD Sonuçları

Geleneksel tristör bazlı yumuşak başlangıç devreleri şebeke voltajını snüs eğrisinin sıfır noktalarından itibaren kısarak düşük frekansta anahtarlama ile etkin değer kontrolü yapmaktadırlar. Tasarlanan IGBT bazlı devrede ise yüksek frekasta anahtarlama ile yapılan kıyma işlemi ile beraber etkin değer kontrolü sağlanmaktadır. Aşağıda bu yöntemlere ait FFT analizi gösterilmiştir.



Şekil 24: Tristör Bazlı ve IGBT Bazlı Devre Topolojileri

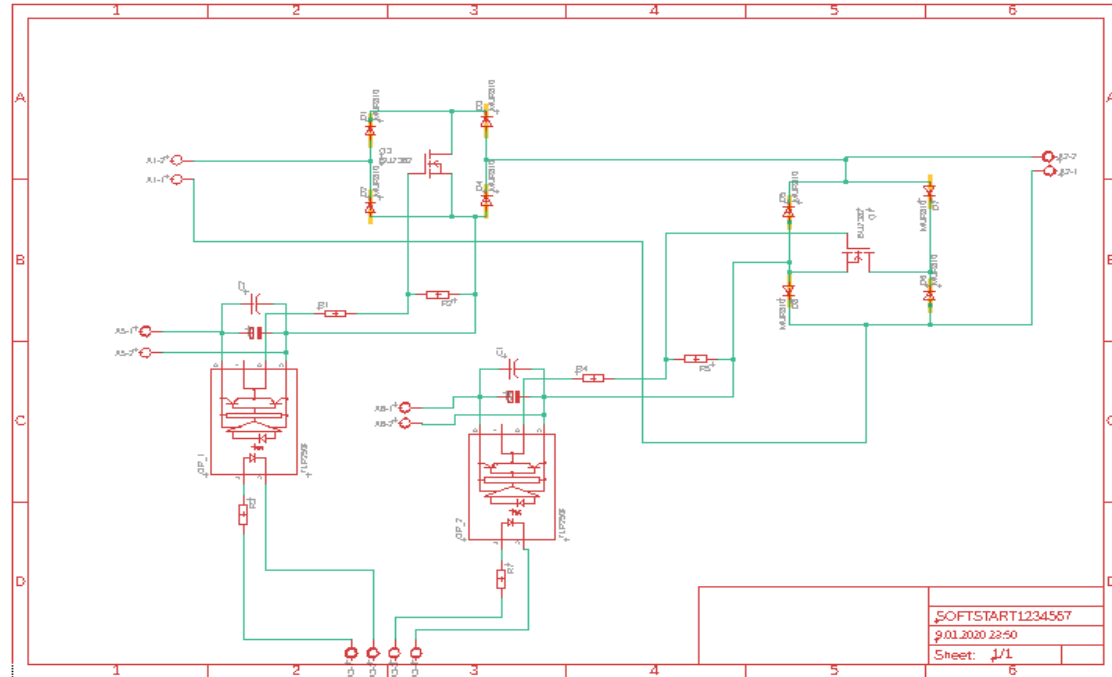


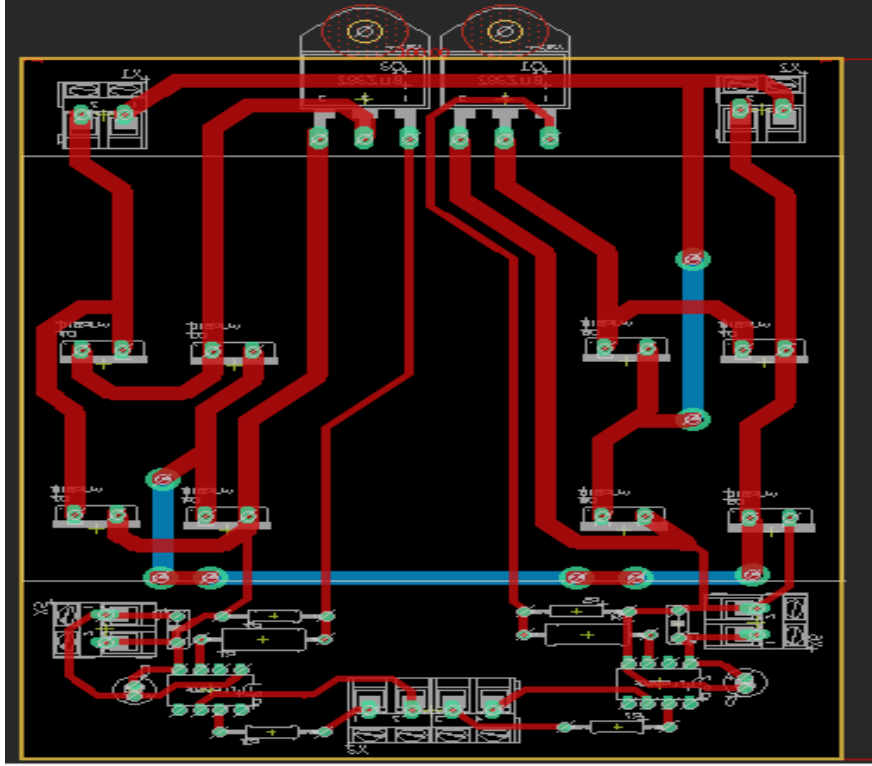
Şekil 25: THD Oranları

Tristörlü devrede THD oranı %55 civarında iken IGBT'li devrede %25 oranındadır.

2.6 PCB Tasarımı

Devrenin Eagle'da PCB tasarımı yapılmış olup bastırılmıştır. Devrede dikkat edilmesi gereken DC güç kaynağı ve şebeke voltajının birbirinden izole olmasıdır .Aksi takdirde Şebekeden çekilen akım DC güç kaynağı üzerinden kendini tammalamaya çalışacak muhtemelen bu yüksek akım devreyi yakacaktır. Aşağıda sırasıyla devrenin PCB şematik ve board görüntüleri bulunmaktadır.





Şekil 26: Devrenin Eagle’da şematik board görüntüsü

2.7 Yazılım

Arduiuno mikrokontrolcüsünde IGT’lerin tetiklenmesine ait ve görev oranı değişimine ait kod aşağıda verilmiştir.

```
#define sw 3
#define swe 5
#define pot A0
int bright;

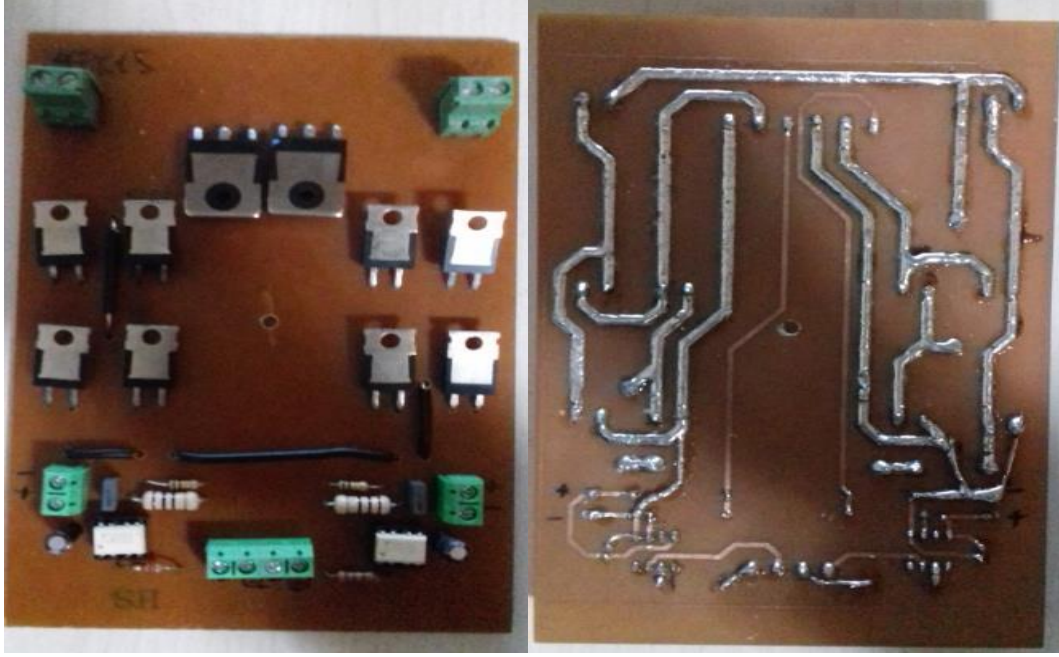
void setup()
{
  pinMode(sw, OUTPUT);
  pinMode(swe, OUTPUT);
  pinMode(pot, INPUT);
}

void loop(){

  bright=analogRead(pot);
  bright=map(bright,0,1023,100,400);
  digitalWrite(sw, HIGH);
  delayMicroseconds(bright-10);
  digitalWrite(sw, LOW);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(swe, HIGH);
  delayMicroseconds(490-bright);
  digitalWrite(swe, LOW);
  delayMicroseconds(10);
}
```

3.GERÇEKLEME VE BULGULAR

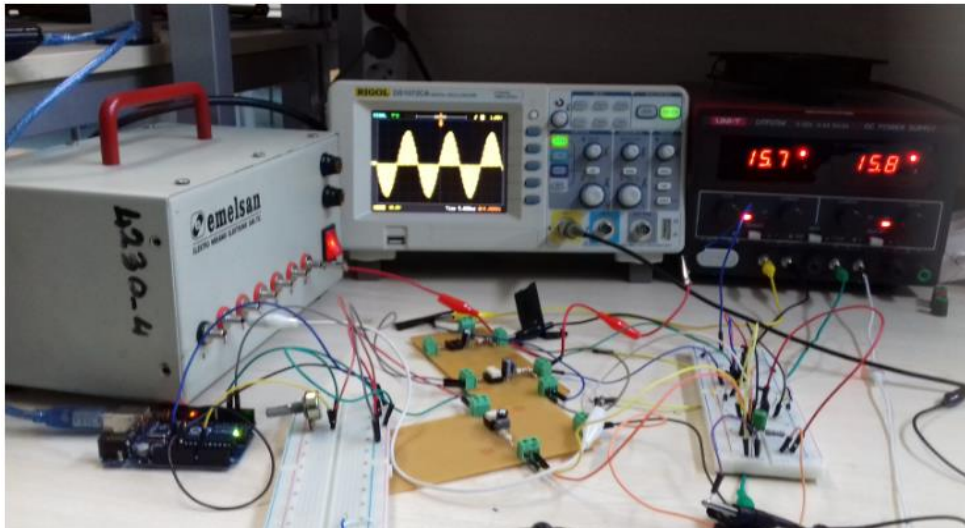
Devre ilk denemelerinde küçük voltajlarda R-L yükleri üzerinde test edilmiştir. Daha sonra 4 diyot ve 1 IGBT konfigürasyonu kullanılarak 220 volt bir ampul üzerinde test edilmiştir. Ampül üzerindeki gerilimin etkin değeri 110 volt ile 214 volt arasında değiştirilmiştir. Aynı zamanda akım değeri de geniş bir skalada değiştirilmiştir. Ampül parlaklığı değiştirilmiş olup sorunsuz kontrol sağlanmıştır. Daha sonra 8 diyot ve 2 IGBT konfigürasyonu kullanılarak 0.25 amperlik bir fan üzerinde test edilmiş olup çekilen akım 0.19A – 0.23 A arasında değiştirilebilmiştir.



Şekil 27: Devrenin Son Hali

3.1 R-L Yüklerde Gerçekleme

Trafoda 24 voltajda 1000 ohm ve 76 mH üzerinde efektif değer kontrolü yapıldı. Çıkış efektif değeri 10-22 volt arası kontrol edildi.



Şekil 28: Düşük voltajda R-L Yükte gerçekleştirme

3.2 Ampülde Gerçekleme

220 voltta 60W bir ampülün parlaklığı gerilimin dolayısıyla akımın efektif değeri kontrol edilerek değiştirilmiştir. 116 ile 216 volt arasında sorunsuz bir şekilde parlaklık değiştirilmiştir. Görev oranı mikroişlemciye bağlı bir potansiyometre ile değiştirilmiştir.



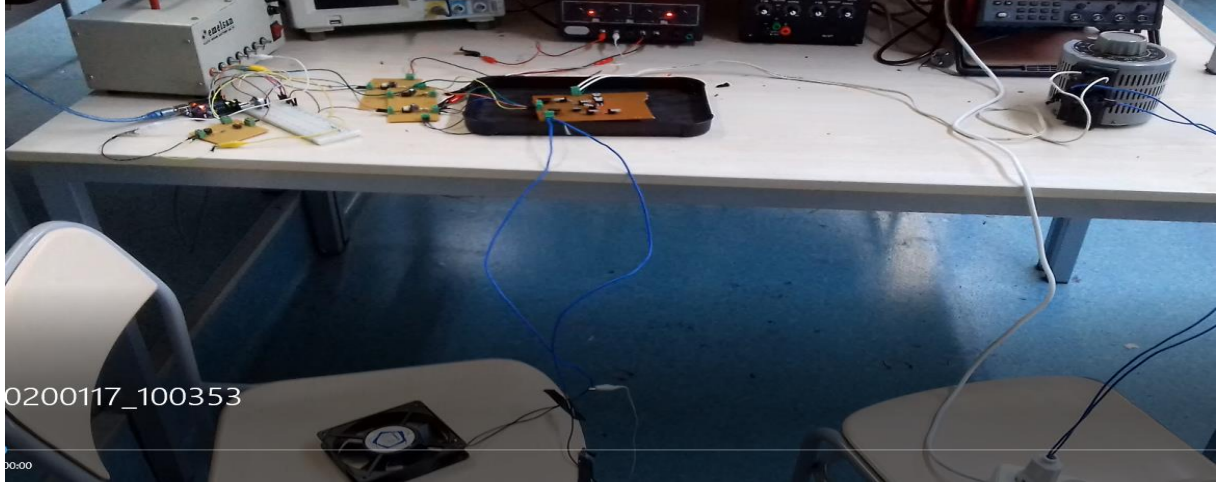
Şekil 29: Ampülde Gerçekleme



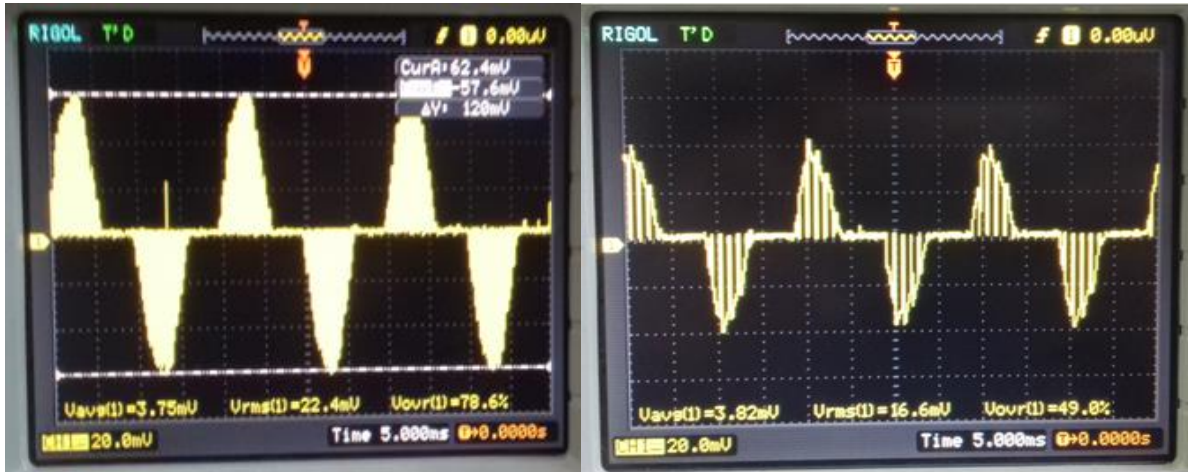
Şekil 30: Ampülde Voltaj Değişimi

3.3 Fan Üzerinde Gerçekleme

R-L yük olarak 110 volt 0.25 amperlik bir fan üzerinde testler yapılmış olup belli bir süre sonra devre arızalanmıştır. Sorunun akım sürekliliğinin tam olarak sağlanamaması olduğu düşünülmektedir. Çünkü sinüsün sıfıra inmeden önceki anlarda akım sıfıra düşmüş sonuçlar elde edilmiştir. Buna çözüm olarak, akım sensörü kullanılıp sıfıra geçişlerin yakın bölgelerde anahtarlama görev oranı değişik tutulabilir. Ancak çalışma esnasında alınan sonucun hedeflenen amaca uygun olduğu görülmüştür. Akım değişimi aşağıda gösterilmiştir. Voltaj varyakla ayrılanmıştır.



Şekil 31: Fan Üzerinde Gerçekleme



Şekil 32: Akım Değişimi (100mv/1A)

4.SONUÇLAR

Projede hedeflenenler büyük oranda gerçekleştirildi. Matlab simulink ortamında başlangıç akımı motor parametrelerine bağlı farklı görev oranlarında %50 civarında düşürüldü. Gerçekleme kısmı öncelikle 220 volt 60 watt bir ampülle gerçekleştirildi. Şebekeden alınsan voltaj 110 ile 214 volt arasında değiştirildi. Ampülün çektiği akım da buna bağlı olarak kontrol edildi. İkinci aşama olarak bir

varyak yardımıyla 110 volt 0.25 Amperlik bir fan üzerinde testler gerçekleştirildi. Burada da akım kontrolü kısmen sağlandı çekilen akım 0.16 Ampere kadar çekildi. Fakat AC kapı sürücüsünde Dc kaynaktan fazla akım çekilmesi sonucu devre arızalandı. Bu arıza sebebinin yüksek anahtarlama dolayısıyla DC kaynaktığın IGBT'nin gate ucuna fazla akım akması olduğu düşünülmektedir. Ancak hem R hem de R-L yükte dere çalışmış istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Çok az yer kaplayan nispeten düşük maliyette, asenkron motorlar için bir yumuşak başlangıç yöntemi sunulmuştur.

4.REFERANSLAR

- [1] Recai ÖZCAN1, Ahmet TOPRAK2, Ayşegül TOPRAK3, '' Arduino ile Tek Fazlı AC Kıyıcı Devresi Tasarımı ve Uygulaması'', Bilim, Mühendislik ve Teknoloji Yayınları, ISSN: 2528 – 9802, No: 2, Volume: 1, 2017
- [2] O. B. Karagül, D. Başol, and İ. Yücedağ, "Güç Elektroniği Dönüştürücü Modelleri Eğitim Modülü," Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknol. Derg., vol. 3, pp. 79–87, 2014.
- [3] M. Balasubramonian and S. Dharani, "Design and Implementation of SHE PWM in a Single Phase AC Chopper Using Generalized Hopfield Neural Network," vol. 3, no. 1, pp. 799–808, 2014.
- [4] F. M. Bruce, R. J. Graefe, A. Lutz and M. D. Panlener "Reduced-voltage starting of squirrel-cage induction motors" *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. IA-20, No. 1, pp. 46-55, January/February 1984.
- [5] Zeynep Bal a Duranay, Hanefi Güldemir , 'AA Kıyıcı Beslemeli Bir Fazlı Asenkron Motor Hız Kontrolü", Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi, 30(2), 111-119, 2018
- [6] Ahmed Riyaz1, Atif Iqbal1*, Shaikh Moinoddin1, SK. MoinAhmed1, Haitham Abu-Rub2, "Comparative performance analysis of Thyristor and IGBT based induction motor soft starters", *International Journal of Engineering, Science and Technology* Vol. 1, No. 1, 2009, pp. 90-105
- [7] K. Sundareswaran and P. S. Manujith, .Analysis and performance evaluation of triac-voltage controlled capacitor run induction motor, *Electric Power Components and Systems*, 2004, pp. 913-925.
- [8] S. B. Yaakov and Y. Hadad, .A Four Quadrants HF AC Chopper with no Deadtime., *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, APEC '06*. 19-23 March 2006.
- [9] Veera Thanyaphirak,Vijit Kinnares, "PWM AC Chopper Control Schemes for Energy Saving of Single-Phase Induction Motors", *IEEE IPEC 2012*, pp.21-25
- [10] Nabi A. Ahmed*,kenji Amei,Masaaki Sakui, "AC chopper voltage controller-fed single-phase induction motor employing symmetrical PWM control technique.", *Elect. Power sys. Rearch* 55, 2000, pp. 15-25

Lisans Bitirme Projesi Öz Değerlendirme Formu

| |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lisans Bitirme Projesi Öz Değerlendirme Formu |
| 1. Projeniz tasarım boyutu nedir (prototip gerçekleştirme, benzetme veya analiz) ? Proje, 15cm x 12cm PCB boyutunda kart tasarımıdır. Ana devrede 10, kapı sürücü devresinde de 10 eleman kullanılmıştır. |
| 2. Kullandığınız tasarım yöntem (yöntemleri) açıklayınız: Yöntem, akımın sürekliliğini sağlamak üzere 8 adet diyot ve iki adet IGBT ile sağlandı. Akım farklı anahtarlama görev oranlarında kontrol edildi. Böylece başlangıç akımı kontrolü sağlandı. |
| 3. Kullandığınız veya dikkate aldığınız mühendislik standartları nelerdir? IEEE standartları kullanıldı. |
| 4. Kullandığınız veya dikkate aldığınız gerçekçi kısıtlar nelerdir? (Ekonomi, Çevre sorunları, Sürdürülebilirlik, Üretilebilirlik, Etik, Sağlık, Güvenlik, Sosyal ve politik sorunlar) Ekonomik olarak uygun olması ve hacim hassasiyeti gözetildi. Böylece piyasa ihtiyacına göre bir tasarım yapıldı. |
| 5. Çalışmanızın daha önce yapılmış olan çalışmalardan ne farkları var (standart bakımından, kullanan malzeme bakımından vs.) Geleneksel yumuşak başlangıçlara kıyasla daha iyi harmonik oranı vermekte. Çünkü yüksek frekansta anahtarlama yapılmakta. |
| 6. Proje çalışma takımınızı ve çalışma tecrübenizi açıklayın. (takım çalışması faaliyetleri hakkında bilgi veriniz) (disiplin içi takım çalışması, çok disiplinli takım, bireysel çalışma) Projenin yazılım ve donanımı eş zamanlı olarak yapılmaya çalışılarak zamandan tasarruf sağlandı.. |
| 7. Proje yönetimini nasıl gerçekleştirdiğiniz açıklayınız: a) iş yükü ve zamanı nasıl paylaştınız? b) projede karşılaştığınız riskler ve önlemlerinizi Şebeke voltajı ile çalışıldığından gerekli önlemler alındı. Asistan hoca ile testler yapıldı. c) öneri raporunda öngörülen konu, yöntem, malzeme ve takvimden sapma/değişiklik oldu mu? Açıklayın. Öneri raporunda düşünülen yöntem çeşitli simülasyonlar yapıldıktan sonra güncellendi. Genel olarak kullanıla komponentler aynı fakat anahtarlama hızı artırıldı. Böylece THD oranı düşük tutuldu. |